

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

FÁZOVACÍ RELÉ PRO ROZBĚH MOTORU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

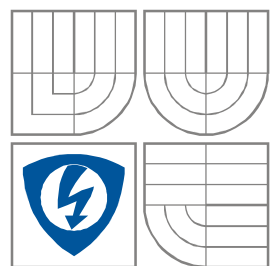
Ladislav Pelán

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

FÁZOVACÍ RELÉ PRO ROZBĚH MOTORU

PHASING RELAY FOR START OF A MOTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LADISLAV PELÁN

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN HEJKRLÍK

BRNO, 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Ladislav Pelán

Ročník: 3

ID: 89056

Akademický rok: 2008/09

NÁZEV TÉMATU:

Fázovací relé pro rozběh motoru

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Návrh a výpočet komponent obvodu
2. Realizace na desce plošných spojů včetně chladiče výstupních triaků
3. Oživení a kontrola zadaných parametrů

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 1.10.2008

Termín odevzdání: 29.05.2009

Vedoucí projektu: Ing. Jan Hejkrlik

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Pro zjištění sledu fází napětí v elektrické síti se dá použít například obvod s proudovou větví, nebo modul s odporem a optočlenem. V tomto projektu se budu zabývat určením směru fází pomocí obvodu s proudovou větví a fázováním motoru určeným směrem.

Abstract

For detection of phase sequences we use for example circuit with current branch or circuit with resistor and optocoupler. In this project I will design the circuit with current branch and phasing of motor in concrete direction.

Klíčová slova

Fázování, procesor, reverzační stykač

Keywords

Phasing, procesor, reversing contactor

Bibliografická citace

PELÁN, L. *Fázovací relé pro rozběh motoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 45 s.

Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Hejkrlík.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma fázovací relé pro rozběh motoru jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

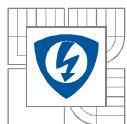
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Hejkrlíkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

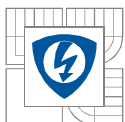
V Brně dne

Podpis autora

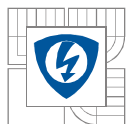


OBSAH:

Seznam obrázků.....	09
Seznam tabulek.....	10
1.Úvod.....	11
2.Elektromotory.....	12
2.1 Vysvětlení pojmů.....	12
2.2 Komutátorové elektromotory.....	13
2.2.1 Motor s permanentním magnetem.....	13
2.2.2 Sériový elektromotor	14
2.2.3 Derivační elektromotor	14
2.3 Bezkomutátorové elektromotory.....	15
2.3.1 Synchronní motor.....	15
2.3.2 Asynchronní motor.....	16
2.3.2.1 Složení asynchronního motoru.....	16
2.3.2.2 Princip činnosti asynchronního motoru.....	17
3.Připojení asynchronního motoru na síť.....	18
3.1 Typy připojení asynchronní motoru s kotvou na krátko.....	18
3.1.1 Statorový spouštěč.....	18
3.1.2 Rozběhové transformátory.....	18
3.1.3 Polovodičový regulátor napětí.....	18
3.1.4 Frekvenční měnič.....	18
3.1.5 Přepínač hvězda-trojúhelník.....	18
3.2 Směr otáčení třífázového motoru.....	19
3.3 Zjištění sledu fází napětí v elektrické síti.....	20
4.Realizace projektu.....	21
4.1. Popis mikroprocesoru AT89C2051	21
4.1.1 Mikroprocesor AT89C2051.....	21
4.1.3 Stručná charakteristika.....	22
4.1.4 Blokové schéma mikroprocesoru.....	22
4.1.5 Popis integrovaných funkcí procesoru.....	23
4.1.5.1 Vstupně-výstupní obvody.....	23

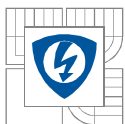


4.1.5.2 Integrované čítače a časovače	23
4.1.5.3 Externí přerušení	23
4.1.5.4 Sériový kanál	26
4.2 Blokové schéma fázovacího modulu	27
4.2.1 Popis jednotlivých částí fázovacího modulu	28
4.2.1.1 Procesor	28
4.2.1.2 Snímací modul pro zjištění sledu fází	28
4.2.1.3 Zobrazovací modul – LCD displej	30
4.2.1.4 Ovládací modul - tlačítka	31
4.2.1.5 Napájecí část	31
4.2.1.6 Přijímací modul IRDA	31
4.2.1.7 Spínací – silový modul	32
4.3 Popis programu mikroprocesoru AT89C2051	35
5.Závěr	36
Literatura	37
Seznam příloh	38



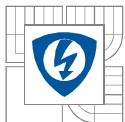
SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obr.2.1 Motor s permanentním magnetem.....	13
Obr.2.2 Řez synchronního motoru	15
Obr.2.3 Ukázka kotvy na krátko.....	17
Obr.3.1 Schéma přepínače hvězda-trojúhelník.....	19
Obr.4.1 Popis jednotlivých pinů mikroprocesoru AT89C2051.....	21
Obr.4.2 Popis vnitřního zapojení pinu procesoru.....	23
Obr.4.3 Blokové schéma čítače / časovače a v módu 0.....	24
Obr.4.4 Blokové schéma fázovacího modulu.....	27
Obr.4.5 Měření fáze pomocí obvodu s proudovou větví.....	28
Obr.4.6 Znaková sada řadiče HD44780.....	30
Obr.4.7 Ukázka kódování typu SONY	31
Obr.4.8 Ukázka vysílání do SONY	32
Obr.4.9 Příklad staršího zapojení asynchronního motoru s ruční spouští.....	33
Obr.4.10 Novější zapojení asynchronního motoru podle projektu.....	34



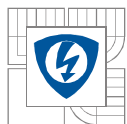
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Registr TMOD.....	25
Tabulka 2. Registr TCON.....	24
Tabulka 3. Zdroje přerušení procesoru 2051 a jejich adresy.....	25
Tabulka 4. Registr IE.....	25
Tabulka 5. Volba typu přenosu dat.....	27



1 ÚVOD

Cílem bakalářské práce je seznámit se s různými typy připojení elektromotorů na elektrickou síť a navrhnout fázovací modul se základními vlastnostmi obvodů pro ovládání stykačů třífázového asynchronního motoru. Dále se seznámit s určením směru otáčení motorů podle pořadí fází a jeho využití při fázování.



2 ELEKTROMOTORY

2.1 Vysvětlení pojmů

Elektromotor je elektrický stroj, měnící elektrickou energii na mechanickou práci. Opačnou přeměnu, tedy změnu mechanické práce na elektrickou energii, provádí generátor např. dynamo, či alternátor. Často bývají tato zařízení velmi podobná či zcela identická (až na některé drobné konstrukční detaily).

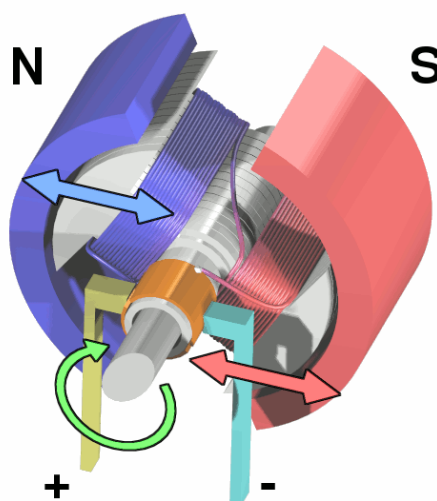
Většina elektromotorů pracuje na elektromagnetickém principu, ale existují i motory založené na jiných elektromechanických jevech, jako jsou elektrostatické síly, piezoelektrický efekt či tepelné účinky průchodu elektrického proudu. Základním principem, na němž jsou elektromagnetické motory založeny, je vzájemné silové působení elektromagnetických polí vytvářených elektrickými obvody, kterými protéká elektrický proud. Tuto sílu popisuje Lorentzův zákon síly.

V běžném rotačním motoru je umístěn rotor tak, aby magnetické pole vytvářené ve vodičích rotoru a magnetické pole statoru vyvíjely kroutící moment přenášený na rotor stroje. Tento kroutící moment pak způsobuje kýženou rotaci otáčivé části stroje - rotoru, motor se točí a vykonává mechanickou práci. Většina běžných elektrických motorů je konstruována na rotačním principu, ale existují i netočivé varianty elektromotorů, například lineární elektromotor, kdy rotor stroje tvoří statický pás umístěný podél pojezdové dráhy stroje (rotor je jakoby rozvinut do délky a neotáčí se). Tento druh motorů se v technické praxi používá zejména pro některá speciální dopravní zařízení. V elektrickém točivém stroji se rotující část stroje nachází obvykle uvnitř, nazývá se podle své základní funkce rotor. Statická netočivá (t. j. pevná) část stroje se podle své funkce nazývá stator. Stejnosměrný elektromotor může obsahovat pevně spojenou sadu elektromagnetů umístěných obvykle na rotoru, u střídavých asynchronních elektromotorů (nejběžnější typ elektromotoru vůbec) mívá rotor jiné konstrukční uspořádání, obvykle se jedná o zvláštní elektrický obvod ve formě vodivé klece ve spojení nakrátko. Rám elektromotoru se zastarale nazývá kotva, jde však o nesprávné použití termínu. Jako „kotva“ má být označována ta část elektromotoru, která koná práci, nebo ta část elektrického generátoru, přes kterou se generuje výstupní napětí. Podle typu motoru může jako kotva sloužit rotor i stator.

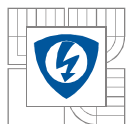
2.2 Komutátorové elektromotory

2.2.1 Motor s permanentním magnetem

Nejjednodušší motor na stejnosměrný proud má stator tvořený permanentním magnetem a rotující kotvu ve formě elektromagnetu s dvěma póly. Rotační přepínač zvaný komutátor mění směr elektrického proudu a polaritu magnetického pole procházejícího kotvou dvakrát během každé otáčky. Tím zajistí, že síla působící na póly rotoru má stále stejný směr. V okamžiku přepnutí polarity udržuje běh tohoto motoru ve správném směru setrvačnost. (Principiálně se tento motor trochu podobá střídavému synchronnímu motoru, kde rotační přepínání směru proudu a jím vytvářeného magnetického pole zajišťuje sama elektrorozvodná síť.) Motory s permanentním magnetem se dodnes využívají například v modelářství. Jen kotva je obvykle minimálně třípólová, aby nevznikal problém s mrtvým úhlem motoru. Výhodou motoru s permanentním magnetem je možnost snadno měnit směr otáčení polaritou vstupního napětí. Komutátor zajistí, že se v cívice změní směr proudu + a - (- a +) po každém pootočení o 180° (u dvoupólového motoru). Takto dochází ke změně směru indukčních siločar v cívice.



Obr.2.1. Motor s permanentním magnetem



2.2.2 Sériový elektromotor

Místo permanentního magnetu se pro statory běžných větších motorů využívá elektromagnetu. Pokud je vinutí statoru (budicí vinutí) spojeno s vinutím rotoru do série, mluvíme o sériovém elektromotoru. Tento typ elektromotoru má točivý moment nepřímo úměrný otáčkám. To znamená, že stojící elektromotor má obrovský točivý moment. Využívá se proto především u dopravních strojů a v elektrické trakci (vlaky, metro, tramvaje). Ve spojení s generátorem je schopen ideálně nahradit mechanickou převodovku. Dostupnější sériový elektromotor (na rozdíl od střídavých) proto často nalezneme také v levnějších přestavbách elektromobilů.

2.2.3 Derivační elektromotor

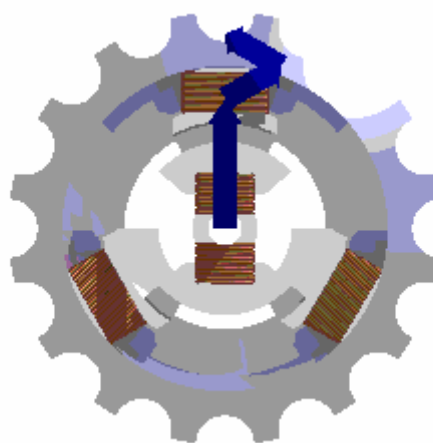
Derivační elektromotor má elektromagnet statoru napájený paralelně s rotorem. Otáčky tohoto motoru jsou méně závislé na zátěži motoru. Navíc lze proud statoru samostatně regulovat. Proto se tento typ motoru využívá především u strojů, kde jsou požadovány relativně neměnné otáčky.

2.3 Bezkomutátorové elektromotory

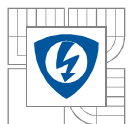
2.3.1 Synchronní motor

Synchronní motor je v principu obrácený generátor střídavého proudu. Rotor je tvořen magnetem nebo elektromagnetem, stator, na nějž je přiveden střídavý proud, vytváří rotující magnetické pole. Rotor se snaží udržet polohu souhlasící s tímto polem. Magnet umístěný v rotoru se snaží uchovat si svoji konstantní polohu vůči otáčivému magnetickému poli vytvářenému průchodem střídavého proudu ve statoru.

Synchronní motory mají řadu nevýhod – je třeba je roztočit na pracovní otáčky jiným strojem nebo pomocným asynchronním rozběhovým vinutím, pokud pod zátěží ztratí synchronizaci s rotujícím polem, skokově klesne jejich výkon a zastaví se. Proto jsou využívány jen ve speciálních případech (např. pohon gramofonu, kdy jsou nevýhody vyváženy požadavkem na pravidelnost otáček o celočíselném násobku frekvence elektrické sítě (za předpokladu, že frekvence napájecí sítě je skutečně konstantní). Ze synchronního motoru se vyvinul krokový motor a střídavý servomotor.



Obr.2.2. Řez synchronního motoru



2.3.2 Asynchronní motor

Asynchronní motor má proti synchronnímu jinou konstrukci rotoru. Rotor se obvykle skládá ze sady vodivých tyčí, uspořádaných do tvaru válcové klece. Tyče jsou na koncích vodivě spojeny a rotor se pak nazývá „kotva nakrátko“. U stojícího motoru rotující magnetické pole statoru indukuje v tyčích rotoru elektrické proudy, které vytváří své vlastní elektromagnetické pole. Obě magnetická pole (rotoru a statoru) pak spolu navzájem reagují a vzniká tak elektromotorická síla. Otáčky rotoru vzrůstají. Tím, jak se přibližují otáčky rotoru otáčkám magnetického pole, klesají indukované proudy a intenzita jimi vytvářeného pole, klesají tím i otáčky rotoru a tím i točivý moment motoru. Pokud je motor alespoň minimálně zatížen, nikdy nedosáhne otáček daných frekvencí napájecího proudu (není s ní nikdy synchronní - proto se nazývá asynchronní motor).

Tento druh motoru je v praxi nejběžnější, využívá se v mnoha oblastech průmyslu, dopravy i v domácnostech. Jeho výkon se pohybuje od několika wattů až do mnoha set kilowattů. S rozvojem levných a výkonných elektronických řídicích systémů nahrazuje postupně tento druh motoru sériový elektromotor, užívaný zejména v pohonech určených pro elektrickou trakci (kolejová vozidla a trolejbusy)

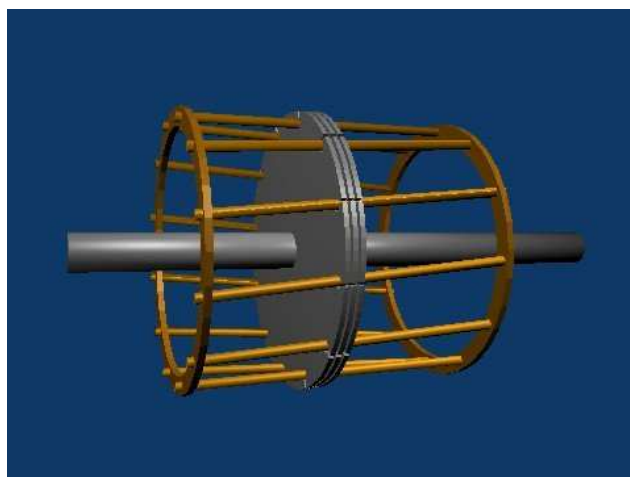
2.3.2.1 Složení asynchronního motoru

Stator (pevná část) - je u většiny typů prakticky stejný. Je složen z nosné kostry motoru, svazku statorových plechů a statorového vinutí.

Rotor (pohyblivá část) - hřídel s nalisovanými rotorovými (elektrotechnickými) plechy s drážkami, do kterých se vkládají měděné tyče, které jsou na obou stranách spojeny mosaznými kruhy. Takto upravený rotor se nazývá 'kotva na krátko' nebo 'kotva klecová'.

Kotva na krátko - v drážkách rotoru jsou nalisovány neizolované měděné, mosazné nebo hliníkové tyče, které jsou na obou koncích spojeny zkratovacími kroužky. Tyče spolu s kroužky mají podobu klece (*klecový rotor*).

Kroužková kotva - na hřídeli jsou kromě svazku rotorových plechů i sběrné kroužky. V drážkách plechů je uloženo trojfázové vinutí rotoru z izolovaných vodičů, které je zapojeno většinou do hvězdy, zřídka do trojúhelníka. Na tři sběrací kroužky je připojeno vinutí rotoru, ke kterým lze připojit činné odpory sloužící k rozběhu motoru.



Obr.2.3. Ukázka kotvy na krátko

2.3.2.2 Princip činnosti asynchronního motoru

Základem činnosti asynchronního motoru je vytvoření točivého magnetického pole, které vznikne průchodem střídavého trojfázového proudu vinutím statoru. Toto magnetické pole indukuje v rotoru napětí a vzniklý proud vyvolává sílu otáčející rotorem.

Otáčky točivého pole jsou dány kmitočtem napětí odebíraného ze sítě a počtem pólů trojfázového motoru.

$$n_s = \frac{f}{p} \quad [s^{-1}],$$

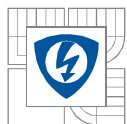
kde f je kmitočet proudu a p je počet pólových dvojic statoru.

Rotor se nikdy nemůže otáčet stejnými otáčkami jako magnetické pole statoru. Pokud by se tak stalo, pak by se rotor a magnetické pole vůči sobě nepohybovaly a tím by se ani neindukovalo napětí a nevznikala by točivá síla. Míra rozdílu otáček pole a rotoru je nazývána skluz, udávána v

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100 \quad [\%],$$

procentech a definována jako:

kde n_1 jsou otáčky magnetického pole statoru, n jsou otáčky rotoru. Podle hodnoty skluzu lze snadno rozdělit oblasti práce asynchronního stroje:



3 PŘIPOJENÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU NA SÍŤ

Při spouštění asynchronního motoru je záběrový proud až 7 krát vyšší než hodnota nominálního proudu. Tím vznikají v síti velké proudové rázy při poměrně malém záběrovém momentu. Proto je přímé spouštění povoleno pouze pro motory s výkonem přibližně do 3 kW.

3.1 Typy připojení asynchronního motoru s kotovu na krátko

3.1.1 Statorový spouštěč

Do série s vinutím se zapojí omezovací odpory, které se během spouštění postupně vyřazují. Pro omezení tepelných ztrát v odporech se do obvodu zařazují předřadné cívky, které ovšem zhoršují účinnost v síti. Tento způsob je vhodný pro jemný záběr motoru, který je při rozběhu málo zatížen.

3.1.2 Rozběhové transformátory

Do spouštěcího obvodu připojené transformátory snižují rozběhové napětí a tím i rozběhový proud. Z ekonomických důvodů se nejčastěji používají autotransformátory. Při spouštění lze autotransformátor i přetížit, neboť ihned po rozběhnutí motoru je odpojen ze sítě. Tento způsob rozběhu se používá hlavně pro motory velkých výkonů.

3.1.3 Polovodičový regulátor napětí

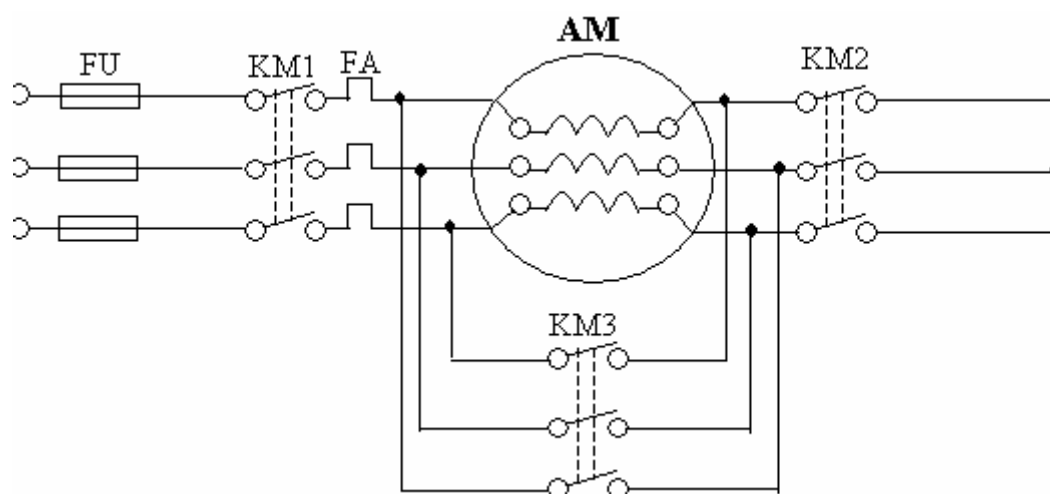
Jde o moderní postup, při kterém lze dosáhnout plynulý rozběh motoru, zlepšení účinku a ještě šetřit elektrickou energií. Jako spínací prvky lze v tomto případě použít tyristory a podle potřeby řídit řídicí (spínací) úhel α .

3.1.4 Frekvenční měnič

Slouží k připojení asynchronních motorů na bázi změny kmitočtu. Střídavé napětí se nejprve usměrní a dále se spínají fáze motoru dle potřeby rozběhu, nebo regulace.

3.1.5 Přepínač hvězda – trojúhelník

Statorové svorky motoru jsou běžně spojeny do trojúhelníku, pokud při rozběhu přepneme svorky do hvězdy, napětí na vinutí se zmenší $\sqrt{3}$ krát, tím klesne odebíraný proud a výkon na třetinu. Metoda se může používat jen při malém zatížení motoru.



Obr.3.1. Schéma přepínače hvězda-trojúhelník

kde:	FU	-	Pojistky
	KM1	-	Hlavní stykač
	FA	-	Tepelná ochrana (nadproudová) motoru
	AM	-	Asynchronní motor
	KM2	-	Pomocný stykač pro přepínání hvězda-trojúhelník
	KM3	-	Pomocný stykač pro přepínání hvězda-trojúhelník

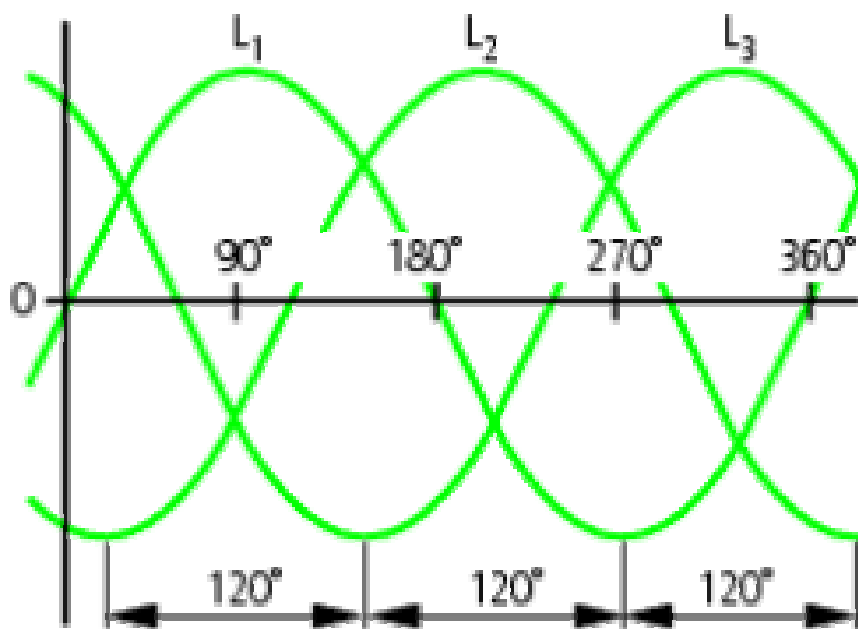
3.2 Směr otáčení třífázového motoru

Směr otáčení asynchronního (třífázového) motoru je rozhodující pro správnou funkci čerpadel a zařízení ve všech oblastech s elektromechanickými pohony (např. v technice výrobních procesů, u mísících a dopravníkových zařízení, čerpacích stanic atd.). Při nesprávném směru otáčení elektromotoru může dojít ke značným hmotným škodám, k ohrožení zdraví lidí a ke vzniku následných nákladů za prostoje a opravy. Aby bylo možné těmto škodám předcházet, vykonávají se před připojením, popř. za provozu, zkoušky na zjištění a určení správného směru otáčení třífázového motoru. Směr otáčení motoru můžeme ovlivnit přepojením dvou různých fází na svorkovnici elektromotoru.

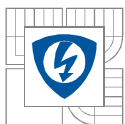
3.3 Zjištění sledu fází napětí v elektrické síti

Abychom mohli automaticky spínat elektromotor daným směrem, musíme zjistit pořadí fází v elektrické síti. Protože víme, že jednotlivé fáze napětí v elektrické síti jsou navzájem vždy posunuty o 120° - viz obr. 4.1., můžeme navrhnout elektrický modul pro měření sledu fází. Častým způsobem zjištění sledu fází je měření napětí jednotlivých fází při „průchodu nulou“ proti nulovému vodiči. Toto měření můžeme použít pouze tam, kde je k dispozici nulový vodič – například v rozváděči pro spouštění čerpadel, kompresorů atd.

Druhý způsob měření je bez použití nulového vodiče – vhodné pouze pro určení sledu fází například někde v terénu. Měření je prováděno vždy na dvou sousedních fázích : L1-L2, L2-L3, L3-L1. Napájení jednotky může být v tomto případě pomocí transformátoru zapojeného mezi dvě libovolné fáze.



Obr.3.2. Ukázka posuvu jednotlivých fází napětí v elektrické síti



4 REALIZACE PROJEKTU

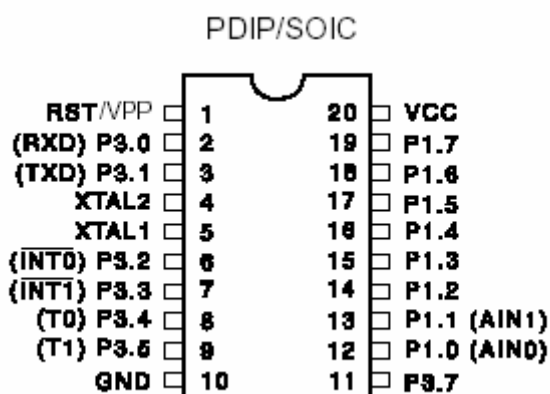
Jako řídicí prvek modulu jsem si vybral mikroprocesor od firmy ATMEL AT89C2051. Procesor je vhodný pro použití v aplikacích, kde není požadován velký výpočetní výkon a program se vejde do 2 Kb paměti (řízení displejů, grafických modulů, řízení obvodů po sběrnici IIC - paměti, signálové procesory atd.)

4.1 Popis mikroprocesoru AT89C2051

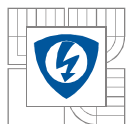
4.1.1 Mikroprocesor AT89C2051

Obvod AT89C2051 firmy Atmel je jednočipový procesor s harwadskou architekturou vyráběný v CMOS technologii. Na čipu je integrována programová paměť typu FLASH o velikosti 2 Kbyte. Výrobce zaručuje, že paměť je možné 1000 krát přeprogramovat. Při zápisu programu do paměti FLASH lze nastavením řídicích bitů LB1 a LB2 zakázat čtení a tím zabránit případnému zcizení programu. Procesor je schopen činnosti po připojení napájecího napětí a krystalu na vývody XTAL1 a XTAL2. Výhodou je plně statický provoz - obsah všech vnitřních registrů zůstane zachován i při snížení hodinového kmitočtu na nulu. Instrukční soubor je stejný jako u procesorů řady 51.

4.1.2 Zapojení jednotlivých pinů procesoru



Obr.4.1. Popis jednotlivých pinů mikroprocesoru AT89C2051

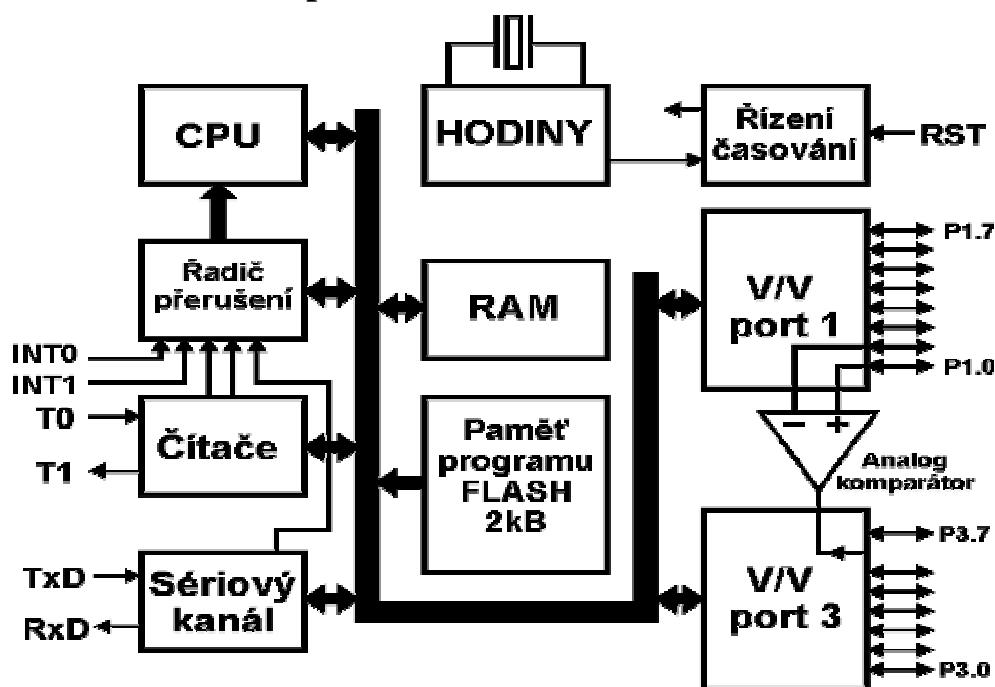


Kde: RST - resetování mikroprocesoru
XTAL1,2 - pro připojení krystalu
GND - uzemnění
VCC - napájení
P1,P2 – pracovní

4.1.3 Stručná charakteristika

- Kompatibilita s obvody řady 51
- Operační rozsah od 2,7 do 6V
- Pro kmitočty 0Hz do 24MHz
- 2 Kbyte programové paměti FLASH na čipu
- Dvouúrovňový zámek Programovatelné paměti
- 128 x 8-Bit ová vnitřní RAM
- 15 Programovatelných I/O Lines
- Životnost paměti : 1000 mazacích cyklů
- Dva 16-Bitové čítač/časovače
- Programovatelný sériový UART kanál
- Možnost přímého buzení LED (velký výstupní proud)
- Analogový komparátor
- Možnost nastavení režimu se sníženou spotřebou
- 6 zdrojů přerušení

4.1.4 Blokové schéma mikroprocesoru

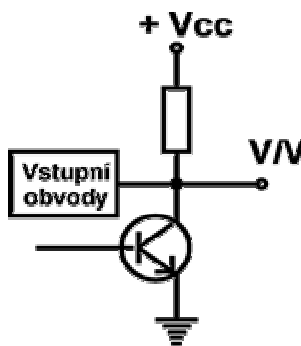


Blokové schéma procesoru AT89C2051

4.1.5 Popis integrovaných funkcí procesoru

4.1.5.1 Vstupně-výstupní obvody

Výstupní budiče jsou zapojeny podle obrázku. Výhodou je jednoduchost a velký výstupní proud ve stavu log.0 (20mA). Na vývody P1.0 a P1.1 jsou připojeny vstupy analogového komparátoru. U těchto dvou vývodů nejsou vnitřní kolektorové rezistory. S tím je nutné počítat v tom případě, kdy komparátor nebude použit, a vývody se musí ošetřit přidáním vnějších rezistorů proti + napájení. V režimu čtení musí být tranzistory zavřené. (před čtením je nutné zapsat do výstupního registru brány log.1).



Obr. 4.2. Popis vnitřního zapojení pinu procesoru

4.1.5.2 Integrované čítače a časovače

Procesor obsahuje dva 16-bitové čítače, jejichž obsah je přístupný pomocí registrů **TH0,TL0** pro čítač 0 a **TH1,TL1** pro čítač 1. Vstupní signál pro čítače je možné brát buď z **vnějšího** zdroje pomocí vstupů procesoru T0 a T1, nebo signál odvozený z oscilátoru hodinového kmitočtu procesoru. Je-li zdrojem signálu vnitřní oscilátor procesoru, potom je čítač v režimu **časovače** a inkrementuje se každý strojový cyklus (12 period oscilátoru). Ve funkci **čítače vnějších událostí** se obsah příslušného registru zvyšuje o jedničku vždy při **sestupné** hraně na vývodu Tn. Zjistí-li se v jednom cyklu úroveň log.1 a v příštím log.0 přičte se k obsahu čítače jednička. Nová hodnota je v čítači nastavena v době S3P1 následujícího cyklu za cyklem, ve kterém byla zjištěna změna. Protože zjištění změny na vstupech Tn trvá 2 strojové cykly (24 period oscilátoru), je maximální čítaný kmitočet vnějšího signálu 1/24 kmitočtu oscilátoru mikropočítače. Logická úroveň čítaného signálu musí zůstat nezměněna vždy alespoň 1 celý strojový cyklus. Konfiguraci čítače/časovače 0 a 1 zajišťujeme naprogramováním registru TMOD

The diagram illustrates the internal structure of a timer module. It includes an oscillator (OSC) connected to a 12-bit prescaler (/12). The output of the prescaler is connected to a switch that can be controlled by the Tn pin. The switch output is connected to the TLn (5-bit) and THn (8-bit) registers. The TLn and THn registers are connected to the TCON register, which is then connected to the TFn (Timer Flag) register. The TFn register is connected to the interrupt system (Přerušeni). The TCON register is also connected to the TMOD register, which is connected to the C/T (Counter/Timer) and TRn (Timer Register) registers. The TMOD register is also connected to the GATE register, which is connected to the INTn pin. The GATE register is connected to a logic '1' block, which is connected to the TRn register. The TRn register is connected to the TLn and THn registers.

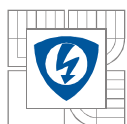
Tabulka 1. Registr TMOD

časovač/čítač 1				časovač/čítač 0			
b₇	B₆	b₅	b₄	b₃	b₂	b₁	b₀
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

- μ-procesoru. Vstup čítaného signálu do čítače/časovače je povolen tehdy, je-li $TR_n=1$ (čítač/časovač je spuštěn) a současně s ním je $GATE=0$ nebo $INT_n=1$.

$\mathbf{b_7}$	$\mathbf{B_6}$	$\mathbf{b_5}$	$\mathbf{b_4}$	$\mathbf{b_3}$	$\mathbf{b_2}$	$\mathbf{b_1}$	$\mathbf{b_0}$
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

- **Mód 1 (M0 = 1, M1 = 0)** - mód 1 je stejný jako mód 0 s tím rozdílem, že čítače THn a TLn jsou oba 8-bitové a vytváří tak 16-bitový čítač. Dojde-li k přetečení čítače (ze samých jedniček na samé nuly), nastaví se příznak TF_n.



- **Mód 2 ($M0 = 0$, $M1 = 1$)** - v módu 2 pracuje čítač/časovač jako 8-bitový s přednastavením. Obsah čítače představuje registr TLn, v registru THn je uložena předvolba. Po přetečení TLn (přechod ze samých jedniček na samé nuly) je obsah čítače TLn automaticky nastaven na hodnotu THn. Programové nastavení nové hodnoty v registru THn neovlivňuje současný stav čítače TLn.
- **Mód 3 ($M0 = M1 = 0$)** - v módu 3 je čítač/časovač0 rozdělen na dva samostatné 8-bitové čítače TH0 a TL0. Čítač TL0 využívá standardní signály C/T, GATE, TR0, INT0 a TF0. Čítač TH0 pracuje ve funkci časovače a je ovládán pouze řídicím bitem TR1. Při přetečení nastavuje příznak TF1. V módu 3 může čítač/časovač pouze generovat přenosovou rychlost pro sériový kanál nebo může být použit v případě, kdy nebudeme využívat přerušení. Protože bit TR1 je využit pro řízení č/č0, je zastavení nebo spuštění č/č1 ovládáno jeho nastavením do módu 3 nebo zrušením módu 3.

Přesnější popis všech registrů je možno najít v literatuře [6]

4.1.5.3 Externí přerušení

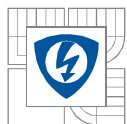
Tabulka 3. Zdroje přerušení procesoru 2051 a jejich adresy

Adresa	Přerušení
003H	Externí přerušení 0 (INT0)
00BH	Přerušení od čítače/časovače 0 (C/T0)
013H	Externí přerušení 1 (INT1)
01BH	Přerušení od čítače/časovače 1 (C/T1)
023H	Přerušení od sériového kanálu

Přerušovací systém vykoná instrukce začínající na jisté pevně dané adrese. Pokud tedy zavoláme na oné adrese jistý podprogram, tak se po příchodu přerušovací události vykoná celý podprogram, pokud jsou příslušná přerušení povolena. K povolení slouží registr IE (Obr.20.) kde 1 znamená povolení přerušení.

Tabulka 4. Registr IE

b_7	B_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0



EA - slouží k povolení / zakázání všech přerušení

ETn - slouží k povolení / zakázání přerušení čítače/časovače

EXn - slouží k povolení / zakázání přerušení externího zdroje

ES - slouží k povolení / zakázání přerušení od sériového kanálu

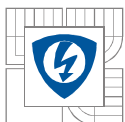
4.1.5.4 Sériový kanál

Sériový kanál, který mikroprocesor 8051 obsahuje, má v současné době velký význam. Sériový kanál je u 8051 plně duplexní (dokáže tedy současně data vysílat i přijímat), umožňuje komunikovat ve standardním 8- a 9-bitovém asynchronním režimu nebo 8-bitovém synchronním režimu. Komunikační rozhraní tvoří 3 vodiče - RxD, TxD a zem. Příjímací část sériového kanálu je vybavena vyrovnávacím registrem (bufferem), do kterého je uložena právě přijatá hodnota, čímž je umožněn okamžitý příjem další hodnoty. Přijatá hodnota však musí být z vyrovnávacího registru převzata dříve, než je dokončen příjem následující hodnoty, který by způsobil přepsání původní hodnoty. Sériový kanál je tvořen dvěma registry SFR, a to registrem SBUF a SCON.

SBUF - Registr sériového kanálu (Serial Data Buffer) Představuje vysílací i přijímací registr (jeden společný pro příjem i vysílání). Zápisem hodnoty do SBUF se naplňuje vysílací registr, čtením z SBUF se přečte hodnota z vyrovnávacího registru, do kterého byla přepsána z přijímacího registru po přijetí celého bytu. Tyto registry mají ale stejnou adresu 99H, přístup k jednomu nebo druhému (tj. rozlišení registrů) je řízen vnitřním signálem CPU - READ SBUF a WRITE SBUF, a to na základě použití instrukce pro čtení nebo zápis. Sériový kanál může pracovat ve čtyřech různých módech, které lze zvolit nastavením příslušných bitů v registru SCON a nejvyššího bitu (tj. MSB a to je bit b7 v našem obvyklém značení) v registru PCON.

SCON - Registr módu a řízení sériového kanálu (Serial Control)
Rozložení bitů v registru SCON je následující:

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	bit
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	adresa RAM = 98H
9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	bitová adresa (hex)

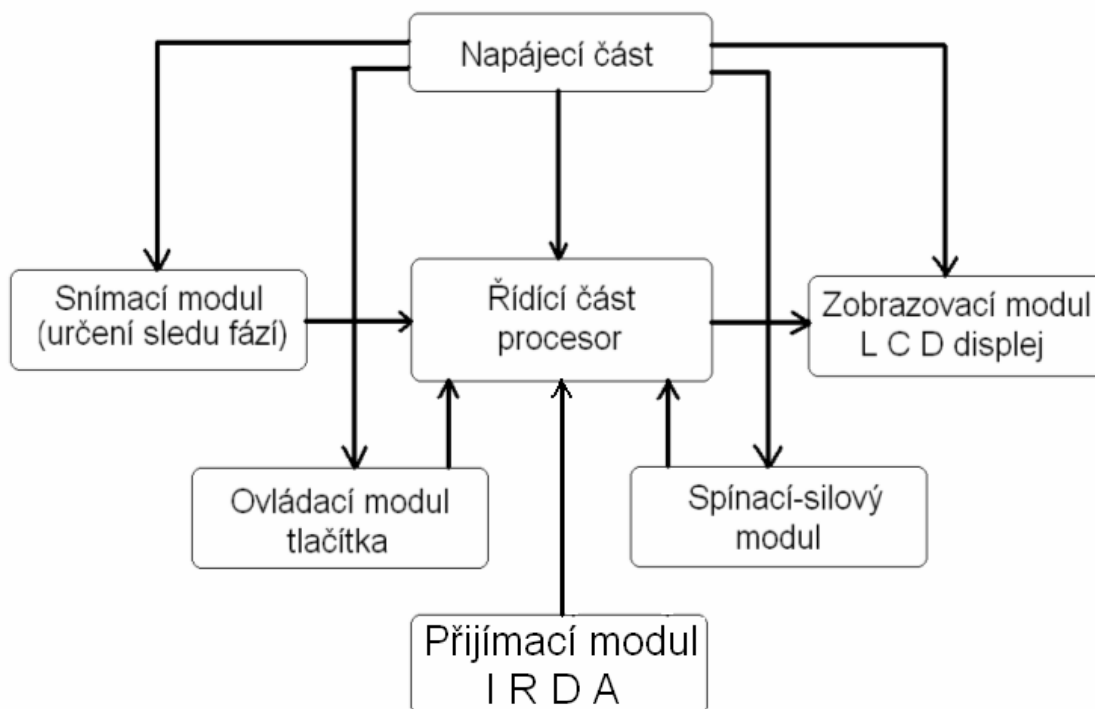


SM1, SM0 - Kombinací těchto bitů se volí jeden ze čtyř módů sériového kanálu.

Tabulka 5. Volba typu přenosu dat

SM1	SM0	Mód	Typ přenosu	Přenosová rychlost (b/s)
0	0	0	synchronní 8-bitový	$f_{osc}/12$
0	1	1	8-bitový UART	časovač 1
1	0	2	9-bitový UART	$f_{osc}/32$, $f_{osc}/64$
1	1	3	9-bitový UART	časovač 1

4.2 Blokové schéma fázovacího modulu



Obr.4.4. Blokové schéma fázovacího modulu

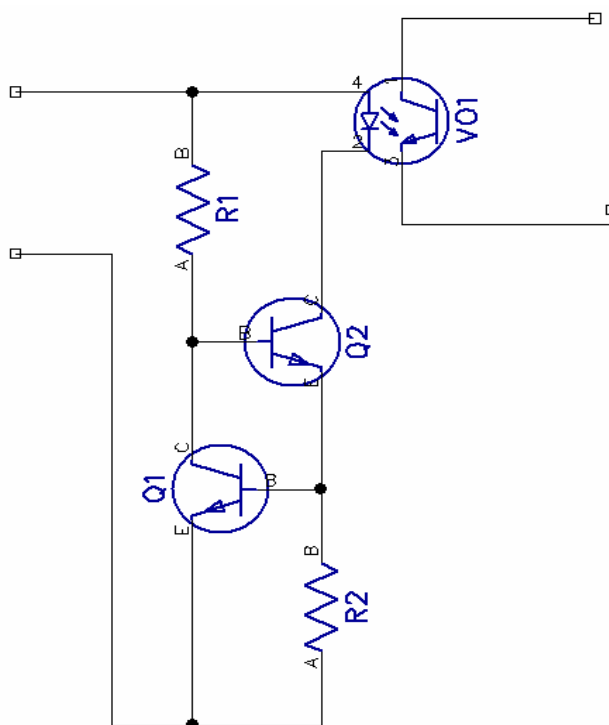
4.2.1 Popis jednotlivých částí fázovacího modulu

4.2.1.1 Procesor

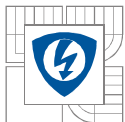
Je hlavní částí zařízení, řídí veškerou jeho činnost. Pomocí něj se přijímají potřebné signály, zpracovávají se, provádí se zobrazení hodnot a spínají potřebné výstupy.

4.2.1.2 Snímací modul pro zjištění sledu fází

Způsobem, jak měřit jednotlivé fáze, je například obvod s proudovou větví, viz. obr. 5. Proti předchozímu způsobu měření, je složitější zapojení i výpočet jednotlivých součástek, ale větší výhodou obvodu je rychlejší spínání – již od cca 5-6 V. Zde také provádíme měření pouze pro kladnou půlvlnu napětí. Tyto obvody nám mohou pomoci například při fázování generátorů elektráren do sítě – při měření fázového posunu napětí fází na generátoru a napětí fází na síti. Pomocí odporu R1 nastavujeme proud do báze tranzistoru Q2, $R1 = 33\text{k}\Omega$. Odpor R2 určuje jak velký proud poteče přes optočlen – volíme proud 20mA $\Rightarrow R2 = 33\ \Omega$. Optočlen volíme PC817, Tranzistory Q1 a Q2 volíme například 2SC3039 -Tranzistor NPN 500V 7A 50W TO220.



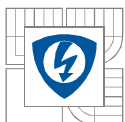
Obr.4.5. Měření fáze pomocí obvodu s proudovou větví



Díky tomuto obvodu můžeme zároveň program upravit a zařadit frekvenční ochranu motoru.

Ukázka podprogramu pro výpočet frekvence:

```
HRANA:  LDS  R16, TCNT3L      ; přepíše impulzy do pom proměnných
        LDS  R17, TCNT3H      ; přepíše impulzy do pom proměnných
        STS  POCL, R16
        STS  POCH, R17
        LDI  R16, 0           ; nulování časovače
        STS  TCNT3H,  R16
        STS  TCNT3L,  R16
        LDI  R16, 1           ; nastaví příznak pro zobrazení
        STS  PRIZNAK, R16
        LDI  R16, 0B00000101
        STS  TCCR3B,  R16
        LDI  R16, 0B00001010 ;nastavení typu      signálu- sestupná hrana
        OUT  MCUCR, R16
        LDI  R16, 0B10000000 ; povolení přerušení vnějšího ext0,ext1
        OUT  GICR, R16
        SEI                      ; globální povolení přerušení
```



4.2.1.3 Zobrazovací modul – LCD displej

Pro přehlednost je jako zobrazovací zařízení použit LCD Display se dvěma řádky a šestnácti znaky v každém řádku (2*16 znaků). Řadič tohoto displeje je integrovaný HITACHI HD44780 s jemu příslušející znakovou sadou.

LCD s řadičem HITACHI

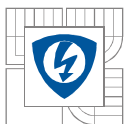
S řadičem HD44780 pracuje naprostá většina znakových displejů. Vyrábějí se v provedeních od 1x8 znaků do 4x40 znaků. K propojení s jednočipem je třeba 4 nebo 8 datových vodičů, jeden na přepínání zápisu instrukcí / dat (RS) a další s hodinovým signálem (E). Pro případné čtení

	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
xxxx0001				D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
xxxx0010				Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]
xxxx0011				^	_	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
xxxx0100				k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
xxxx0101				x	y	z	{		}	~						
xxxx0110																
xxxx0111																
xxxx1000																
xxxx1001																
xxxx1010																
xxxx1011																
xxxx1100																
xxxx1101																
xxxx1110																
xxxx1111																

obsahu displeje je třeba připojit ještě jeden (R/W) vodič, jinak je trvale uzemněn. Základní znakovou sadu lze doplnit osmi vlastními znaky. Displeje se 4x40 znaky se od ostatních trochu liší. HD44780 má totiž DDRAM (RAM, ve které je uložen obsah displeje) jen pro 80 znaků, což stačí jen na 2x40 nebo 4x20 znaků. Tyto displeje proto mají 2 řadiče a mimo vývody E mají všechny ostatní vývody spojeny paralelně. Vývody E jsou pak označeny E1 a E2 a každý z nich ovládá polovinu displeje.

Znaková sada displeje umožňuje zobrazení prakticky libovolného symbolu. Pokud se požadovaný znak nenachází ve znakové sadě (viz. obr. 3.9), pak je možnost definovat jej uživatelem a to až 8 různých znaků.

Obr. 4.6. Znaková sada řadiče HD44780



4.2.1.4 Ovládací modul – tlačítka

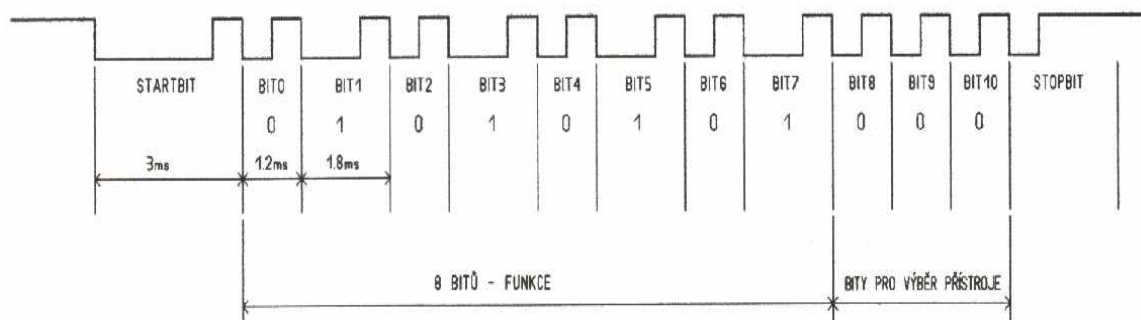
K obsluze modulu jsou určena tři tlačítka. Tlačítko START a tlačítko STOP slouží ke spuštění, následně vypnutí motoru a pomocné přepínací tlačítko podle kterého se určuje například levotočivý či pravotočivý chod motoru. Dále se pomocí něho nastavuje působení frekvenční ochrany.

4.2.1.5 Napájecí část

Jako hlavní napájecí prvek je v desce osazen stabilizátor napětí 7805, který stabilizuje usměrněné napětí jedné fáze na stejnosměrnou hodnotu napětí 5V, potřebnou pro oživení mikroprocesoru, LCD a ostatních částí.

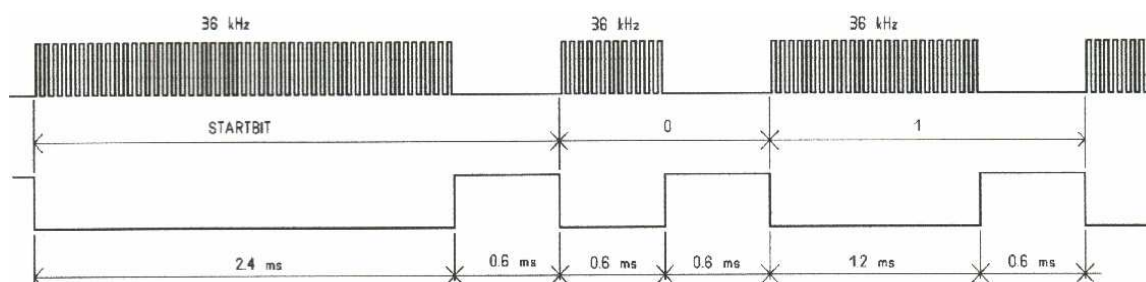
4.2.1.6 Přijímací modul IRDA

Fázovací modul je možné ovládat i dálkovým ovládáním, které je přizpůsobeno 13-ti bitovému kódování SONY. První bit je startbit, dále se vysílá 8 bitů dat, 3 bity pro výběr přístroje a stopbit.



Obr.4.7 Ukázka kódování typu SONY

Na horním obrázku je zobrazen celý kód, který začíná startbitem dlouhým 3ms, dále následuje osm bitů funkce tlačítka (např. PLAY, POWER STOP apod.). V tomto případě se vysílá kombinace 01010101, následují tři bity pro výběr přístroje, pro který je povel určen (např. CD, TUNER, TV, VIDEO apod.). V tomto případě je vysílána kombinace 000.



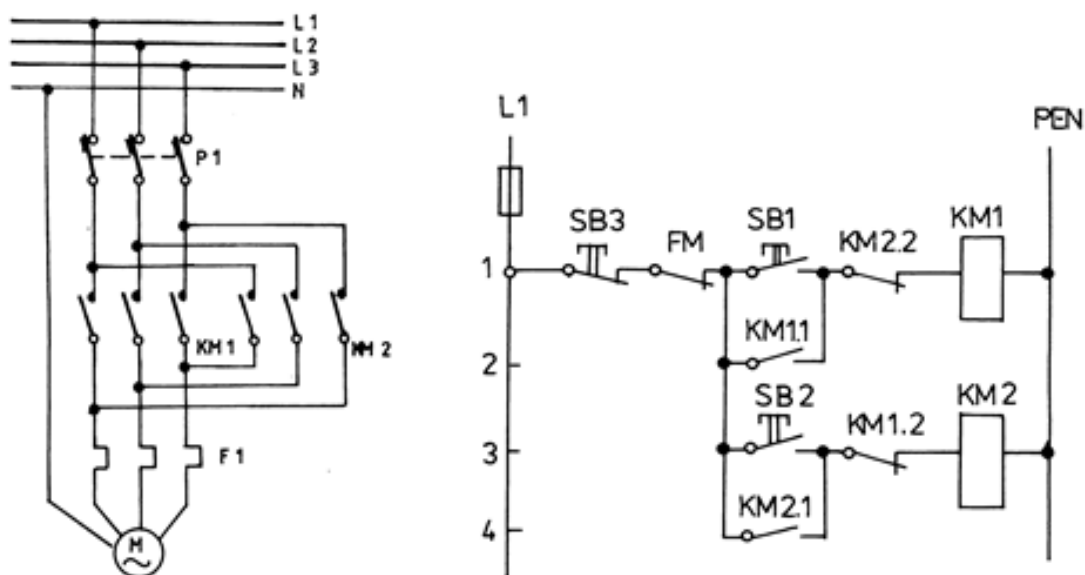
Obr.4.8 Ukázka vysílání DO SONY

Na obrázku 4.8 jsou detailně zobrazeny všechny tři typy vysílacích bitů. V horní části je zobrazen průběh vysílače. Na začátku každého bitu se vysílá IR záření s frekvencí 36 kHz. U „startbitu“ je to 2,4ms u „jedničky“ a 0,6 ms u „nuly“. Dále následuje doba po kterou se nevysílá ta je 0,6ms. V dolní části obrázku je průběh sledovaný za infra přijímačem s tvarovačem. To znamená, že z vysílaného signálu je odfiltrována frekvence 36kHz a signál je invertován a upraven na TTL logiku.

Při přijímání a dekódování signálu budeme sledovat sestupné hrany, k čemuž nám poslouží externí přerušovací vstup mikroprocesoru. Nejdříve budeme ignorovat impulsy pokud nebudou vzáleny 3ms (STARTBIT) a od této chvíle budeme zjišťovat časy mezi impulsy a zapisovat logické „jedničky“ a „nuly“ podle toho bude-li čas dosahovat 1,2ms nebo 1,8ms. V podprogramu DOINFRA nastavíme časovač na 50 mikrosekund, v proměnné CAS počítáme kolikrát dojde k přetečení časovače mezi sestupnými hranami. Z TABDO „pomocná tabulka“ vyhodnotíme který bit byl přijat.

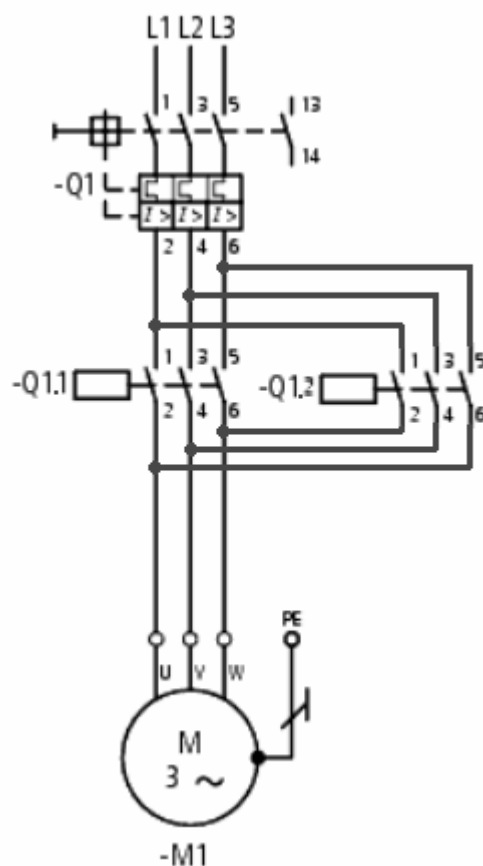
4.2.1.7 Spínací – silový modul

Asynchronní motor zapojíme přes jistící - ochranný prvek - například motorový spouštěč, který plní funkci nadproudové ochrany. Dále do obvodu zapojíme dva stykače, které nelze díky elektrickému zapojení sepnout současně – starší zapojení. Dnes je více využíván dvojitý reverzační stykač, který je chráněn i mechanicky proti sepnutí obou stykačů navzájem. Dále do obvodu můžeme implementovat například hlídací relé otáček, které se při překročení daných havarijních otáček rozepne a zabrání případným škodám.



Obr.4.9. Příklad staršího zapojení asynchronního motoru s ruční spouští

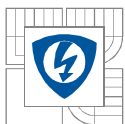
Popis:	SB1,SB2	spínací tlačítka
	SB3	vypínací tlačítko
	KM1,KM2	stykače včetně pomocných kontaktů
	FM	hlídací relé otáček
	F1	nadproudová ochrana



Obr.4.10. Novější zapojení asynchronního motoru podle projektu

Popis:

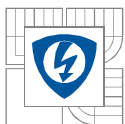
- | | | |
|-----------|---|--|
| Q1 | - | Zkratová ochrana a ochrana proti přetížení prostřednictvím spouštěče motorů PKZM nebo výkonového jističe NZM." |
| Q1.1,Q1.2 | - | reverzační stykač |
| M1 | - | elektromotor |



4.3 Popis programu mikroprocesoru AT89C2051

Připojíme-li napětí na procesor, dojde pomocí resetovacího kondenzátoru k resetu a nastavení programu do výchozí pozice. Žádný triak není sepnut, na LCD displeji na horním řádku zprava se objeví nápis „Ochrany OK“, že je vše v pořádku- přichází impulsy od jednotlivých fází - a program čeká na další pokyny. Zleva je také v horním řádku vypsán sled fází a to L1,L2,L3 v opačné případě obráceně .Ve spodním řádku zleva je vypsána předvolba otáčení DOLEVA nebo DOPRAVA, zprava ve stejném řádku je vypsána Frekvence OK, nebo Frek. porucha v případě, že je nějaká fáze vypadena, nebo je kmitočet rozdílný o více než 1Hz v jakékoliv fázi.

Tlačítkem předvolby si změníme směr otáčení a nyní můžeme sepnout stykač pomocí tlačítka start, nebo pomocí dálkového ovládače. Sepne se daný triak, který má vyvedeny kontakty na svorkovnici, kde je připojen reverzační stykač. Zároveň se objeví nápis na LCD - PROVOZ a rozsvítí se dioda u příslušného triaku – pro kontrolu, který triak je sepnut. Tlačítkem stop, nebo zase pomocí dálkového ovládače se stykače pomocí triaků vypínají. V případě poruchy některé z fází, se zablokují výstupy a na displeji se objeví nápis PORUCHA.

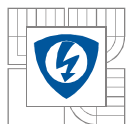


5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo prostudovat možnosti připojení asynchronních motorů na síť při daném směru otáčení a zkonstruování daného fázovacího modulu. Rozhodl jsem se použít procesor AT89C2051P. Dále jsem navrhl obvodové schéma modulu pro fázování na síť. Navržené řešení je možné pro menší motory do 3 kW, neboť jak již bylo sděleno v článku pro připojení motorů na síť, nelze větší motory fázovat přímo.

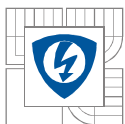
Při vývoji a návrhu programu jsem používal emulátor řady 89x51, na kterém lze připojit neomezené množství periférií. Jako software jsem použil programovací prostředí winide51.

Zařízení slouží jako náhrada fázovacích relé, ale na rozdíl od nich je více variabilní. Například při dodělení reálného času lze přeprogramovat systém, aby spínal podle časové potřeby.



LITERATURA

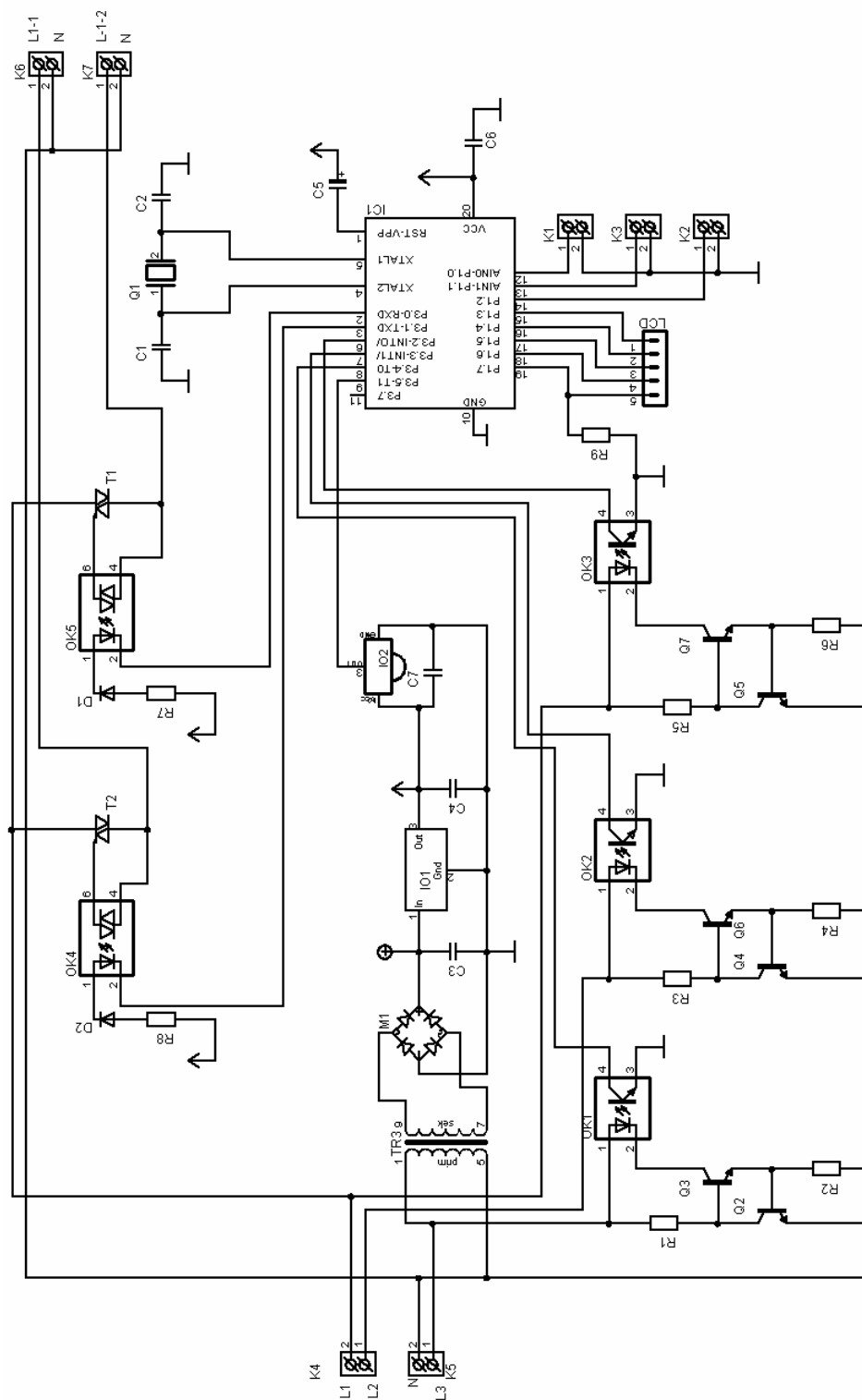
- [1] Láníček, R. Elektronika: Obvody, součástky, děje. BEN-technická literatura. Praha 2002
- [3] Katalogové listy součástek. Dostupné na < <http://www.ges.cz> >
- [4] Katalogové listy součástek. Dostupné na < <http://www.gme.cz> >
- [5] Typy stykačů. Dostupné na < <http://www.siemens.cz> >
- [6] Skalický, Petr. Mikroprocesory řady 8051. BEN- technická literatura. Praha 2001
- [8] Hrázský, Josef. Mikropočítače a počítače I. INFORMATORIUM. Praha 1996
- [9] Hrázský, Josef. Mikropočítače a počítače II. INFORMATORIUM. Praha 1996
- [10] Malina, Václav. Digitální technika. KOPP. České Budějovice 2001

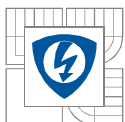


PŘÍLOHY

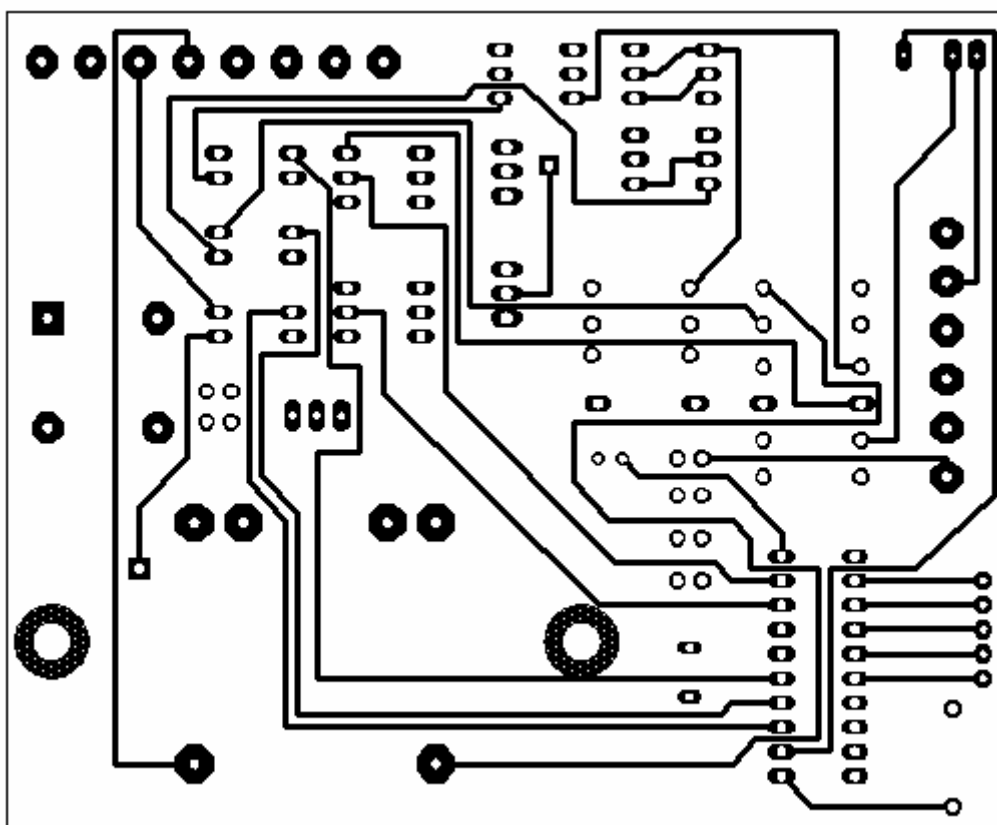
Příloha 1: Schéma zapojení fázovacího modulu	39
Příloha 2: Horní strana DPS fázovacího modulu	40
Příloha 3: Spodní strana DPS fázovacího modulu	41
Příloha 4: Osazovací schéma fázovacího modulu	42
Příloha 5: Schéma vysílacího modulu pro DO SONY	43
Příloha 6: Schéma vysílacího modulu pro DO SONY – DPS, osazovací schéma	44
Příloha 7: Použité součástky fázovacího a vysílacího modulu	45

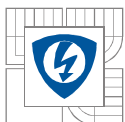
Příloha 1: Schéma zapojení fázovacího modulu



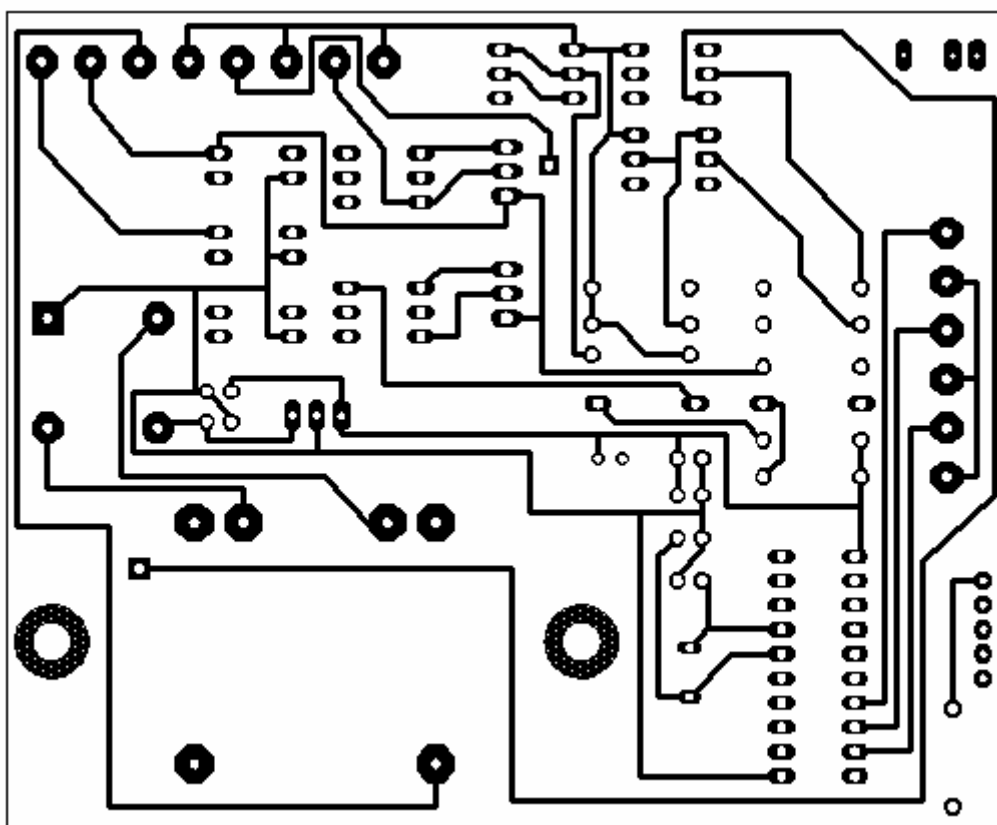


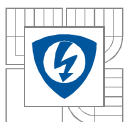
Příloha 2: Horní strana DPS fázovací modulu



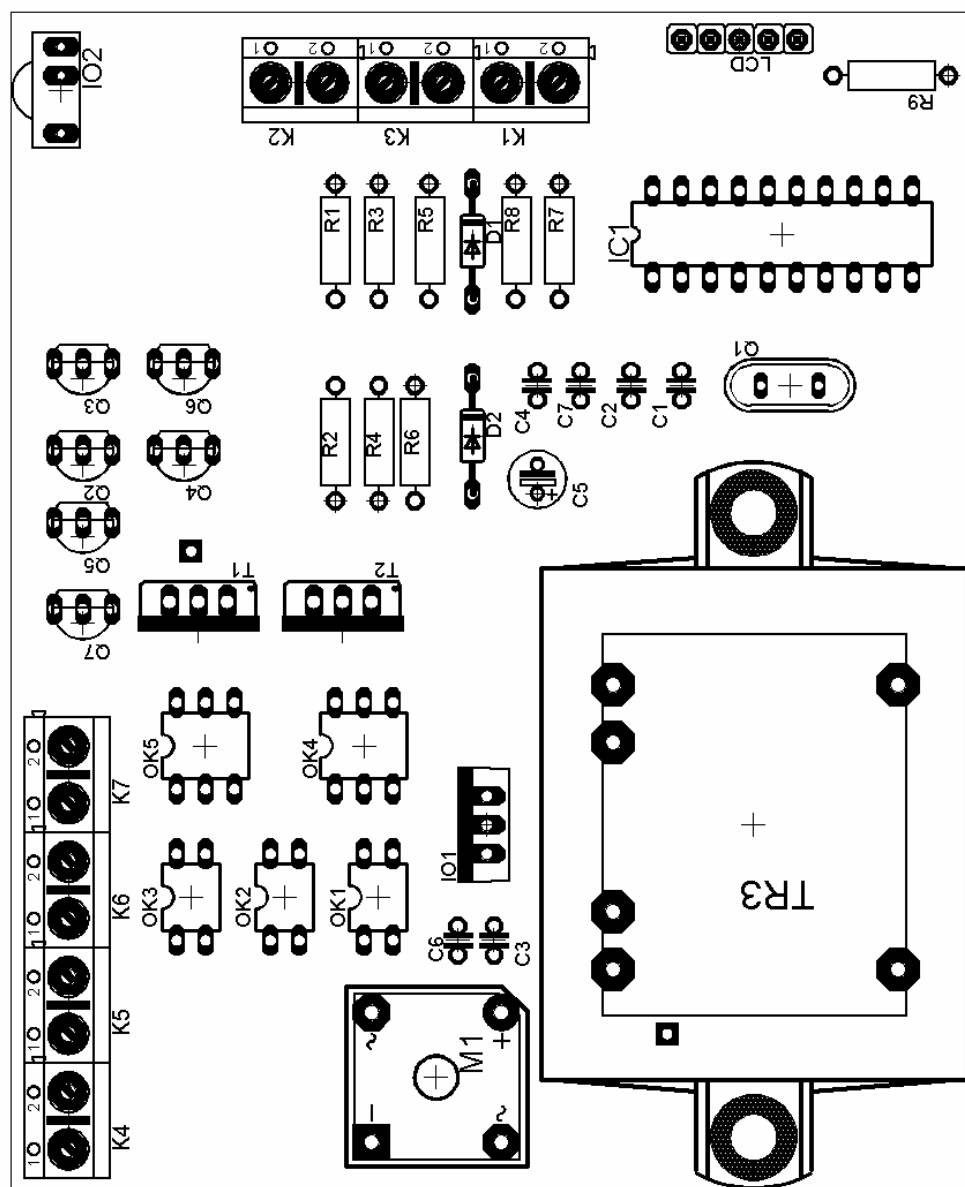


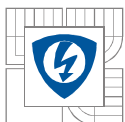
Příloha 3: Spodní strana DPS fázovací modulu



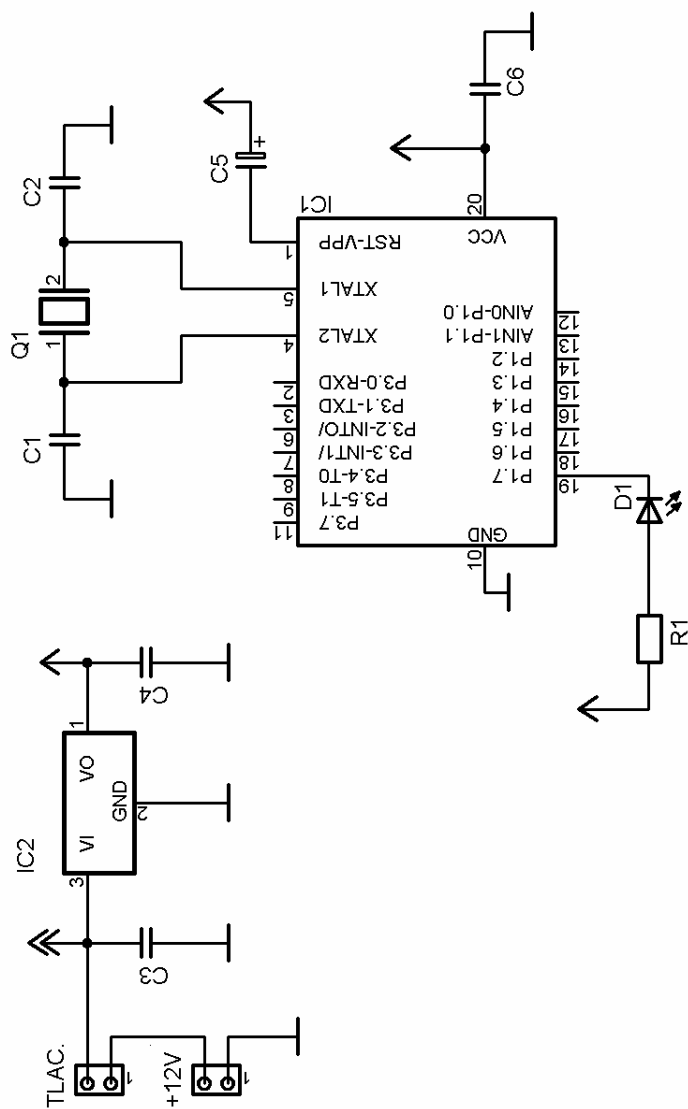


Příloha 4: Osazovací schéma fázovací modulu



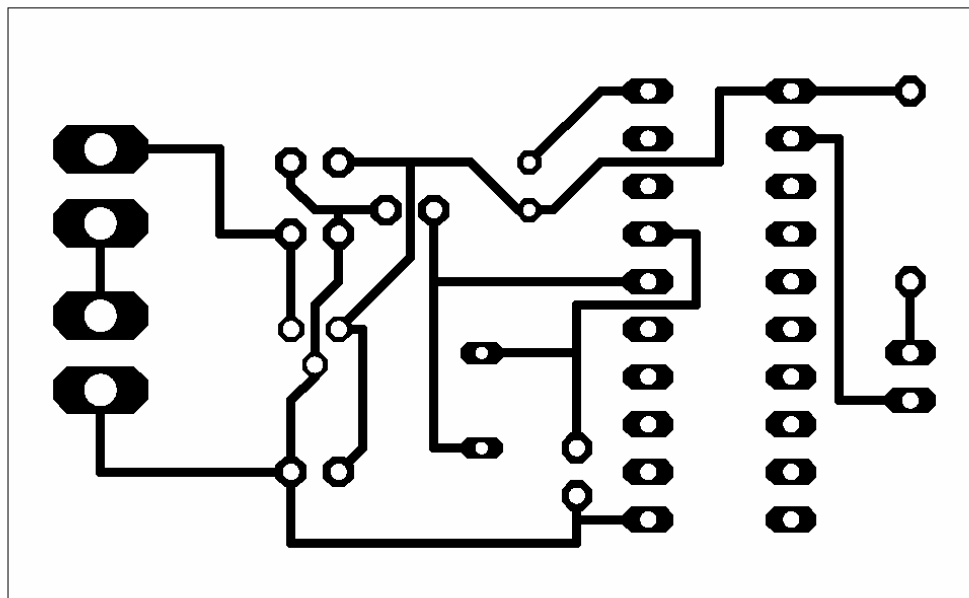


Příloha 5: Schéma vysílací modulu pro DO SONY

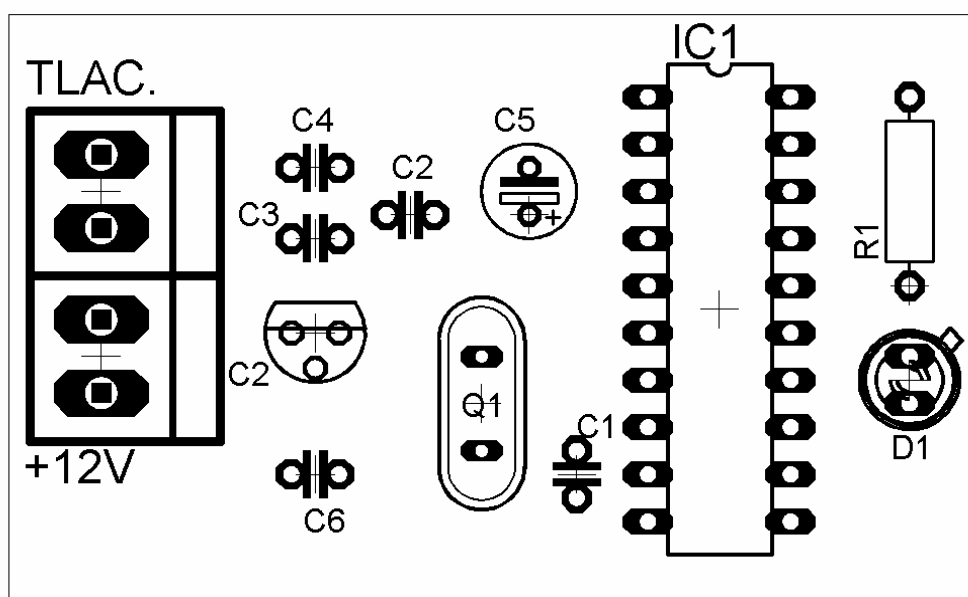


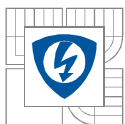
Příloha 6: Schéma vysílací modulu pro DO SONY – DPS , osazovací schéma

Návrh DPS vysílače DO SONY



Osazovací schéma vysílače DO SONY





Příloha 7: Použité součástky fázovacího a vysílacího modulu

Fázovací modul:

C3,C4,C7,C6 = 100 nf

C1,C2 = 22 pF

C5 = 1uF

IO1 7805

IO2 AT89C2051

T1 Transformátor 230/9V AC 1VA

Q1 - XTAL Q11,0592MHZ

Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7 = 2SC3039

D6,D7 = BT138

OK4,OK5 = MOC3020

OK1,OK2,OK3 = PC817

R1,R3,R5 = 33kΩ

R8,R7, = 220 Ω

R2,R4,R6= 33 Ω

D1,D2, LED diody

Vysílací modul:

IC1 AT89C2051

Q1 - XTAL Q11,0592MHZ

C1,C2 = 22 pF

C3,C4, = 100 nf

C5 = 1uF

R1, = 220 Ω

D1 = IR dioda